

## 反射型マスクブランク及び反射型マスクの製造方法

本件出願は、日本国特許出願 2 0 0 2 - 2 4 2 9 2 3 号の優先権を主張し、その開示をここに参照として組み入れるものである。

### 発明の背景：

本発明は、半導体のパターン転写などに用いられる露光用反射型マスクブランク及び反射型マスクの製造方法に関する。

近年、半導体産業において、半導体デバイスの微細化に伴い、極端紫外 (Extreme Ultra Violet) 光 (以下、EUV 光と称す) を用いた露光技術である EUV リソグラフィーが有望視されている。なお、ここで、EUV 光とは、軟 X 線領域又は真空紫外線領域の波長帯の光を指し、具体的には、波長が 0. 2 ～ 1 0 0 nm 程度の光のことである。この EUV リソグラフィーにおいて用いられるマスクとしては、例えば特開平 8 - 2 1 3 3 0 3 号公報に記載されたような露光用反射型マスクが提案されている。

このような反射型マスクは、基板上に EUV 光を反射する多層反射膜を有し、更に、多層反射膜上に、EUV 光を吸収する吸収体層がパターン状に設けられた構造をしている。

反射型マスクを搭載した露光機 (パターン転写装置) において、反射型マスクに入射した光は、吸収体層のある部分では吸収され、吸収体層のない部分では多層反射膜により反射された像が反射光学系を通して半導体基板 (シリコンウエハ) 上に転写される。

しかし、このような多層反射膜を用いた反射型マスクにおいては、短波長の光で高反射率を得るために多層膜の各層の膜密度を高くする必要がある。すると、必然的に多層反射膜は高い圧縮応力を有することになる。多層反射膜としては、例えば、1 3 ～ 1 4 nm の EUV 光に対する反射率の高いものとして、

数10nmオーダーのSiとMo薄膜を交互に積層したものが用いられる。しかし、この場合、緻密な多層膜とすると、一般に圧縮応力は450～600MPa程度の大きさになる。

この高い圧縮応力のため、基板は、凸面に大きく反って（変形）してしまう。この結果、EUV光の反射面である多層反射膜の表面にも反りが生じてしまう。例えば、65nmルールデバイス作製においては、100nm以下の平坦度が必要とされる。例えば、6インチ角、6.35mm厚の石英ガラス基板上の0.3μm厚の多層膜に対して、200MPaの圧縮応力がかかった場合、140mm角エリアにおいて、500nm程度の反り（変形）が生じる。従って、これを100nmの変形に抑えるためには、およそ50MPa以下の応力にする必要がある。

このように、多層反射膜の圧縮応力が大きいと、多層反射膜表面の反りが原因となって、ウェハへの転写時に転写精度の低下（位置ずれ）が起こり、高精度の転写ができないという問題がある。この問題に対しては、多層反射膜の応力の影響の低減を図ることが試みられている。

このような応力低減の方法として、基板上に多層反射膜を形成後、これを加熱処理することによって、多層反射膜自身の応力を低減する方法が知られている（米国特許6309705号公報）。

一方、基板と多層反射膜の間に、多層反射膜の圧縮応力と同等の大きさの引っ張り応力を有する応力補正膜を形成することにより、多層反射膜の応力を相殺する方法が知られている（特開2002-15981号公報）。

しかしながら、上述した多層反射膜を加熱処理する方法では、例えば、約600MPaの圧縮応力を0（ゼロ）に近づけるためには、300℃程度以上の高温での加熱処理が必要になる。しかし、多層反射膜をこのような高温で加熱すると、多層反射膜の反射率が低下してしまい好ましくない。これは、多層反射膜の各層の界面での拡散が起こるためと思われる。

一方、基板と多層反射膜の間に応力補正膜を形成する方法では、多層反射膜の応力を相殺するために、応力補正膜を多層反射膜と反対の高い引っ張り応力

(上述の場合約600MPa)を有するように形成する必要がある。一般に、高い引っ張り応力を有する膜は、表面粗さが大きくなる。この荒れた膜上に多層反射膜を形成すると、多層反射膜が表面荒れを引き継いで形成される。このため、EUV光に対する反射率の低下を引き起こすとともに、多層反射膜上に形成される吸収体パターンにおいても、エッジラフネスが大きくなり形状精度にも悪影響を及ぼす。例えば、 $0.29\mu\text{m}$ で+600MPaのSi膜は、 $0.45\text{nmRms}$ の粗さを有し、このSi膜上に形成した多層反射膜上では $0.55\text{nmRms}$ の粗さとなり、3%程度の反射率低下を引き起こす。このため、基板と多層反射膜の間に、高い引っ張り応力を有する膜を形成するのは、実用的には好ましくない。

#### 発明の要旨：

そこで、本発明は、多層反射膜の応力の影響を緩和し、平坦度の高い反射型マスクブランク及び反射型マスクの製造方法を提供することを目的とする。

本発明者は、上述の課題を解決するべく鋭意検討の結果、多層反射膜と逆向きの応力を有する応力補正膜を、基板と多層反射膜の間、或いは、多層反射膜上、或いは、基板と多層反射膜の間及び多層反射膜上の両方に設け、多層反射膜と応力補正膜とを加熱処理することで、上述した課題が解決できることを見出し、本発明を成すに至ったものである。

すなわち、本発明に係る反射型マスクブランクの製造方法は、基板上に、露光光を反射する多層反射膜を形成し、該多層反射膜上に露光光を吸収する吸収体層を形成する反射型マスクブランクの製造方法であって、前記基板と多層反射膜の間、或いは、多層反射膜上、或いは、基板と多層反射膜の間及び多層反射膜上の両方に、多層反射膜の膜応力と逆向きで、多層反射膜の膜応力の絶対値より小さい膜応力を有する応力補正膜を形成する工程と、前記応力補正膜を加熱処理する工程と、前記多層反射膜を加熱処理する工程とを有する。加熱処理後において、応力補正膜の有する膜応力と多層反射膜の有する膜応力とが、向きが反対で大きさが同等となって釣り合い、応力は相殺される。従って、成

膜時において、応力補正膜に多層反射膜の有する膜応力を相殺するための大きな応力を与える必要がなく、応力補正膜の表面粗さが大きくなることはない。

なお、本発明における応力補正膜の膜応力は、特に断りのない限り、多層反射膜の膜厚と同一の膜厚換算の値である。即ち、応力補正膜の有する単位膜厚当たりの応力をA、応力補正膜と多層反射膜の膜厚の比（応力補正膜膜厚／多層反射膜の膜厚）をBとした時、多層膜反射膜の膜厚と同一の膜厚換算の値は、 $A \times B$ で表される。

前記応力補正膜を加熱処理する工程と、前記多層反射膜を加熱処理する工程とを同時に行うことができる。

また、基板と多層反射膜の間に応力補正膜を形成する場合、基板上に応力補正膜を形成し、該応力補正膜を加熱処理した後、該応力補正膜上に前記多層反射膜を形成し、該多層反射膜の加熱処理を行ってもよい。この場合、加熱工程は二工程で行うことになる。

前記加熱処理は応力補正膜の成膜時の温度よりも高く200℃以下の基板加熱温度で行うことが好ましい。本発明では、高温での加熱処理は必要がなく、多層反射膜の反射率低下を防止できる。

本発明では、加熱処理後において、応力補正膜の有する膜応力と、多層反射膜が有する膜応力が、向きが反対で大きさが同等となる必要がある。従って、多層反射膜及び応力補正膜の加熱処理による膜応力の変化分を考慮して、加熱前の応力補正膜に与える応力を決定することになる。加熱処理前の応力補正膜の膜応力は、0～+300MPaの範囲内であることが望ましい。尚、膜応力の+（プラス）は、引張応力を示し、-（マイナス）は圧縮応力を示す。

本発明では、加熱処理後において、応力補正膜の有する膜応力と多層反射膜が有する膜応力が相殺しあう。上記応力補正膜は、加熱処理により、その応力の絶対値が増大する、つまり応力が引っ張り方向へシフトするような材料を用いることが出来る。

前記応力補正膜は、金属又は合金からなるアモルファス材料で構成されることが好ましい。このような材料は、平滑性の良好な膜が得られ、かつ応力補正

膜に与える初期応力の値を容易に調整できる。

また、上述の本発明に係る反射型マスクブランクの製造方法により製造された反射型マスクブランクの吸収体層にパターンを形成することにより、反射型マスクを製造することができる。本発明に係る反射型マスクの製造方法によれば、多層反射膜の応力の影響を低減し、平坦度の高い反射型マスクが得られる。

#### 図面の簡単な説明：

図1は本発明に係る反射型マスクブランクの断面図である。

図2は反射型マスクの断面図である。

図3は反射型マスクを搭載するパターン転写装置の概略構成図である。

#### 発明の詳細な説明：

次に、本発明の実施の形態について説明する。

本発明において、平滑性を示す単位  $R_{m s}$  は、二乗平均平方根粗さであり、原子間力顕微鏡で測定することができる。また、本発明における平坦度は、 $TIR$  (total indicated reading) で示される表面の反り（変形量）を示す値である。これは、基板表面を元に最小二乗法で定められる平面を焦平面としたとき、この焦平面より上にある基板表面の最も高い位置と、焦平面より下にある最も低い位置の高低差の絶対値である。

本発明の方法で製造される反射型マスクブランクは、基板上に、露光光であるEUV光を反射する多層反射膜を有し、該多層反射膜上に露光光であるEUV光を吸収する吸収体層を有している。そして、上記基板と多層反射膜の間、或いは、多層反射膜上、或いは、基板と多層反射膜の間及び多層反射膜上の両方に、応力補正膜を有している。必要に応じて、多層反射膜と吸収体層の間に、吸収体層へのパターン形成時のエッチング環境に耐性を有し、多層反射膜を保護するためのバッファ層を有していてもよい。又、本発明の方法で製造される反射型マスクは、この反射型マスクブランクの吸収体層にパターンが形成されたものである。

本発明の反射型マスクブランクの製造方法について、上記バッファ層を有する場合を例にとり説明する。

まず、基板を準備し、基板上に順次、所定の膜応力を有する応力補正膜、多層反射膜を形成する。この応力補正膜及び多層反射膜を形成した基板を加熱処理することにより、多層反射膜の有する膜応力と、応力補正膜の有する膜応力の大きさが互いに向きが逆向きで大きさが等しくなるようにする。

加熱処理後、多層反射膜上に、順次バッファ層及び吸収体層を形成して、本実施の形態に係る反射型マスクブランクが得られる。

次に、各製造工程について説明する。

まず、基板の準備について説明する。

本発明に用いる基板としては、露光時の熱によるパターンの歪みを防止するため、 $0 \pm 1.0 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ の範囲内、より好ましくは $0 \pm 0.3 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ の範囲内の低熱膨張係数を有するものが好ましい。この範囲の低熱膨張係数を有する素材としては、アモルファスガラス、セラミック、金属の何れでも使用できる。例えば、アモルファスガラスであれば $\text{SiO}_2\text{--TiO}_2$ 系ガラス、石英ガラス、結晶化ガラスであれば $\beta$ 石英固溶体を析出した結晶化ガラス、などを用いることができる。金属としては、インバー合金（Fe-Ni系合金）等を用いることができる。

又、基板は、高い反射率及び転写精度を得るために、高い平滑性と平坦性を備えた基板が好ましい。特に、 $0.2 \text{ nmRms}$ 以下の平滑性（ $10 \mu\text{m}$ 角エリアでの平滑性）、 $100 \text{ nm}$ 以下の平坦度（ $142 \text{ mm}$ 角エリアでの平坦度）を有していることが好ましい。

又、基板は、その上に形成される膜の膜応力による変形を防止するために、高い剛性を有しているものが好ましい。特に、 $65 \text{ GPa}$ 以上の高いヤング率を有しているものが好ましい。以上のような点を考慮して、基板を選択し、準備する。

次に、基板上への応力補正膜の形成について説明する。

本発明における応力補正膜は、多層反射膜の有する応力と逆向きの応力を有するように選択される。一般に、多層反射膜は緻密に形成され、圧縮応力を有するので、応力補正膜は、引っ張り応力を有する膜から選択される。

そして例えば、応力補正膜は、加熱処理により応力補正膜の応力の大きさ（絶対値）が大きくなるように選択される。具体的には、応力がより引っ張り応力側にシフトするものである。

更に、応力補正膜は、平滑な膜である事が好ましいため、アモルファス材料であることが好ましい。応力補正膜の表面の平滑性は、 $0.2\text{ nmRms}$ 以下であることが好ましく、更に好ましくは $0.15\text{ nmRms}$ 以下である。

又、応力制御が容易な膜を用いると、応力補正膜に与える初期応力の値が容易に調整出来るため好ましい。このような応力補正膜としては、タンタル（Ta）を主成分とした材料が好ましい。

Taを主成分とした材料としては、例えば、Ta合金等が挙げられる。更には、Taを主成分としたアモルファス材料が好ましい。このような材料としては、タンタルとホウ素を含む合金、例えば、タンタルホウ素合金（TaB）、タンタルホウ素合金の窒化物（TaBN）等が挙げられる。

例えば、タンタルホウ素合金の場合、DCマグネトロンスパッタ法を用いて、室温、Arガス雰囲気で基板上に形成することが好ましい。この場合、ガス圧を上げるに伴い、圧縮応力側から引っ張り応力側へ応力が変化する。このため、投入パワーが一定の下でスパッタガス圧を変化させることにより、応力制御を微調整することが可能である。

TaとBを含む合金膜は、良好なアモルファス状態を得るために、Bの含有量が $10\sim30\text{ at\%}$ であるのが好ましい。TaとBとNを含む合金膜の場合、Nが $5\sim30\text{ at\%}$ であり、N以外の成分を $100\text{ at\%}$ とした時、Bが $10\sim30\text{ at\%}$ であるのが好ましい。

応力補正膜としては、その他にSiを主成分とした材料を用いることも出来る。具体的には、Si単体や、Siに添加物をドーピングしたものである。この場合の添加物としては、窒素や酸素が挙げられる。このSiを主成分とする材料

もアモルファス状態のものが好ましく用いられる。

更には、応力補正膜として、Crを含む材料を用いることも出来る。例えば、クロムと窒素を含む材料、これに更に酸素及び／又は炭素を含む材料が挙げられる。これらのCrを含む材料は、平滑性、耐洗浄性に優れており、応力の制御性も良好である。

その他の応力補正膜としては、TaとGeの合金、TaとGeの合金の窒化物、TaとSiの合金、TaとSiの合金の窒化物、WとNの合金等も挙げられる。

これらの応力補正膜は、成膜方法や成膜条件を適宜制御することによって、初期応力の値を所望の応力値に調整することができ、又、加熱により、応力の値が引っ張り方向へ変化する。成膜方法としては、前述のDCマグネトロンスパッタリング法等を用いて基板上に形成することができる。

ところで、本発明の目的を達成するため、基板上への応力補正膜の形成は、次のような点を考慮して行うことが重要である。即ち、後工程で行われる加熱処理後において、応力補正膜の有する膜応力と、多層反射膜が有する膜応力とが、向きが反対で大きさが同等となる必要がある。従って、多層反射膜及び応力補正膜の加熱処理による膜応力の変化分を考慮して、加熱処理前の応力補正膜に与える初期応力及び膜厚を決定する。

例えば、多層反射膜の構成が予め決定している場合、まず、加熱処理温度と加熱処理後の多層反射膜の膜応力の変化との関係を求める。更に、所定の応力補正膜材料において、加熱処理温度と膜厚と加熱処理後の膜応力の変化との関係を求める。これらの情報を参照して、加熱処理後の多層反射膜の膜応力と、加熱処理後の応力補正膜の膜応力が互いに逆向きで大きさがほぼ等しくなるように、両方の膜応力の変化分を見込んで、加熱処理温度、応力補正膜に最初に与える応力及び応力補正膜の膜厚を決定すればよい。

但し、前述のように、応力補正膜に与える初期の応力が非常に高いと、表面粗さが大きくなるため、応力補正膜に与える膜応力は、0～+300MPa程度（多層反射膜と同じ膜厚に換算した値）とするのがよい。



又、応力補正膜の膜厚は、表面粗さを増大させないために、必要な膜応力が得られる範囲で小さい方がよい。好ましくは、膜厚は、10～300nm程度である。

本実施の形態では、後工程で行う加熱処理により、応力補正膜と多層反射膜の膜応力が相殺しあうので、応力補正膜として最初から高い応力の膜を形成する必要がなく、表面粗さが小さくてすむ。

なお、加熱処理後の多層反射膜を形成した基板の好ましい平坦度は、100nm以下である。本発明においては、加熱処理後、応力補正膜と多層反射膜の膜応力の絶対値が全く等しくははならずとも、所定の平坦度を得るのに十分となる程度に、応力補正膜と多層反射膜の膜応力が相殺しあうようにすればよい。

又、本実施の形態のように、応力補正膜は、基板と多層反射膜の間に形成されてもよいが、多層反射膜上に形成してもよい。この場合も、材料及び成膜、応力補正膜の設計の考え方は、上述した実施形態の場合と同様である。

次に、多層反射膜の形成について説明する。

本発明における多層反射膜は、屈折率の異なる物質を周期的に積層させた構造をしており、特定の波長の光を反射するように構成されている。例えば、約13nmの波長の露光光（EUV光）に対しては、MoとSiを交互に40周期程度積層した多層反射膜が通常用いられる。Mo/Si多層反射膜の場合、相対的に屈折率の大きい層がMo、相対的に屈折率の小さい（屈折率がより1に近い）層がSiである。多層反射膜を形成する材料は使用する露光光の波長に応じて、適宜選択すればよい。EUV光の領域で 사용되는その他の多層反射膜の例としては、Ru/Si周期多層反射膜、Mo/Be周期多層反射膜、Mo化合物/Si化合物周期多層反射膜、Si/Nb周期多層反射膜、Si/Mo/Ru周期多層反射膜、Si/Mo/Ru/Mo周期多層反射膜、及びSi/Ru/Mo/Ru多層反射膜などが挙げられる。

多層反射膜は、基板上、或いは、応力補正膜上に例えば、DCマグネトロンスパッタ法により形成できる。Mo/Si多層反射膜の場合、Arガス雰囲気下で、SiターゲットとMoターゲットを交互に用いて、30～60周期、好

ましくは40周期程度積層し、最後にSi膜を成膜すればよい。他の成膜方法としては、IBD（イオン・ビーム・デポジション）法等が使用できる。

前述したように、多層反射膜及び応力補正膜の設計において、加熱処理後の多層反射膜の膜応力の変化分を予め考慮しておく必要がある。

次に、加熱処理について説明する。

本実施の形態における、基板上に形成された応力補正膜及び多層反射膜の加熱処理は、応力補正膜の有する膜応力と、多層反射膜の有する膜応力とを互いに逆向きで大きさ（絶対値）を略等しくし、膜応力が相殺し合うように行われる。

膜の有する力は、単位膜厚当たりの膜応力と、膜厚との積で表される力であるから、加熱処理により、多層反射膜の有する力と、応力補正膜の有する力が釣りあうようにすればよい。このためには、前述の多層反射膜の膜厚換算で示される応力補正膜の膜応力と、多層反射膜の単位膜厚あたりの膜応力が互いに逆向きで大きさ（絶対値）がほぼ等しくなるようにすればよい。

一般に、大きな圧縮応力を有する多層反射膜は、加熱処理により、その応力が緩和される（引っ張り応力方向に変化し、ゼロに近づく方向になる）傾向にある。従って、加熱処理により、多層反射膜の有する膜応力の大きさの絶対値は小さくなる。

一方、本実施の形態では、応力補正膜は、加熱処理することにより、その応力の絶対値が大きくなる材料を用いることができる。即ち、応力補正膜には、ゼロ応力あるいは多層反射膜と逆向きの応力である引っ張り応力を有する膜を使用し、加熱処理をすることにより、応力補正膜の応力は更に、引っ張り応力が増大する方向に変化する。

従って、加熱処理前には、多層反射膜の有する膜応力（圧縮応力）の大きさ（絶対値）は、応力補正膜の有する膜応力（引っ張り応力）の大きさ（絶対値）より大きく、これらは互いにつりあっていない。しかし、加熱処理することにより、多層反射膜の膜応力（圧縮応力）の大きさ（絶対値）が小さくなると共に、応力補正膜の膜応力（引っ張り応力）の大きさ（絶対値）が大きくな

り、これらがつりあい、相殺されるようになる。

このように、多層反射膜の膜応力を相殺するためには、前述したように、予め加熱処理による多層反射膜及び応力補正膜の膜応力のそれぞれの変化分を考慮して、加熱処理温度、多層反射膜の初期応力や膜厚、応力補正膜の初期応力や膜厚を設計すればよい。

高温で加熱処理を行うと、多層反射膜の反射率低下を招くため、加熱処理は、応力補正膜の成膜時の温度よりも高く200℃以下の基板加熱温度、更には、150℃以下で行うのが好ましい。また、十分な応力変化を得るためには、90℃以上の温度が好ましい。また、加熱処理時間は、加熱処理による応力補正膜と多層反射膜の膜応力の変化が達成されるのに十分な時間であればよく、通常は1時間程度である。

加熱処理は、応力補正膜及び多層反射膜を同時に加熱処理する場合は、基板上に応力補正膜及び多層反射膜が形成された後に行うのであれば、製造工程中のどの工程で行ってもよい。加熱処理は、他の層への影響等が少ない点から、基板上に応力補正膜と多層反射膜を形成後、バッファ層や吸収体層等の他層の形成の前に行うのが好ましい。

以上の実施形態では、基板上に応力補正膜及び多層反射膜を形成後、これらを同時に加熱処理する形態を説明した。しかし、基板と多層反射膜の間に応力補正膜を形成する場合には、まず基板上に応力補正膜を形成し、多層反射膜を形成する前に、応力補正膜の加熱処理を行って、応力補正膜の応力を引っ張り応力側に変化させた後、多層反射膜を形成し、多層反射膜の加熱処理を行ってもよい。このようにすると、加熱工程は二工程で行うことになるが、多層反射膜形成前に応力補正膜の加熱処理による応力変化を行うことで、多層反射膜の特性に影響を及ぼすような比較的高温での加熱処理が可能である。このため、応力補正膜の応力の変化量を大きくとることが出来るようになる。

本発明では、加熱処理による多層反射膜及び応力補正膜の膜応力の相殺を利用しているため、成膜時において、応力補正膜に多層反射膜の有する膜応力を相殺するための大きな応力を与える必要がない。従って、応力補正膜の表面粗

さが大きくなることがない。又、本発明では、多層反射膜の加熱処理による応力緩和と、応力補正膜による多層反射膜の膜応力の相殺を同時に利用しているため、多層反射膜自身の有する膜応力を加熱処理だけでゼロに近づける必要がない。このため、高温での加熱処理は必要なく、多層反射膜の反射率低下を招くことがない。

なお、加熱処理による応力補正膜の応力の変化量は、応力補正膜の成膜条件（成膜温度等）によっても変化する。従って、応力補正膜の応力の変化量は、成膜条件を調整することでコントロールすることが可能である。

上述の実施の形態では、加熱処理により応力の絶対値が増大するような材料を用いた応力補正膜を例に説明したが、本発明はこれに限られない。必要な表面粗さ（平滑性）が得られ、且つ、多層反射膜の反射率に影響しない程度の加熱処理によって多層反射膜との応力の釣り合いがとれるのであれば、加熱処理によりその応力が変化しない、或いは僅かに減少するような材料を用いた応力補正膜であってもよい。応力補正膜が加熱処理によって、その応力が変化しない或いは僅かに減少するものであっても、加熱処理後に多層反射膜の応力と相殺しあうことで、上述の応力補正膜の表面粗さと多層反射膜の反射率低下を解決できる。

次に、バッファ層の形成について説明する。

バッファ層は、吸収体層に転写パターンを形成する際に、エッチング停止層として下層の多層反射膜を保護する機能を有し、通常は多層反射膜と吸収体層との間に形成される。なお、バッファ層は必要に応じて設ければよい。

バッファ層の材料としては、吸収体層とのエッチング選択比が大きい材料が選択される。バッファ層と吸収体層のエッチング選択比は5以上、好ましくは10以上、さらに好ましくは20以上である。更に、バッファ層の材料としては、低応力で、平滑性に優れた材料が好ましく、特に、 $0.3\text{ nmRms}$ 以下の平滑性を有していることが好ましい。このような観点から、バッファ層を形成する材料は、微結晶あるいはアモルファス構造であることが好ましい。

一般に、吸収体層の材料には、T a やT a 合金等が良く用いられている。吸収体層の材料にT a 系の材料を用いた場合、バッファ層としては、C r を含む材料を用いるのが好ましい。例えば、C r 単体や、C r に窒素、酸素、炭素の少なくとも1つの元素が添加された材料が挙げられる。具体的には、窒化クロム (C r N) 等である。

一方、吸収体層として、C r 単体や、C r を主成分とする材料を用いる場合には、バッファ層には、T a を主成分とする材料、例えば、T a とBを含む材料や、T a とBとNを含む材料等を用いることができる。

このバッファ層は、反射型マスク形成時には、マスクの反射率低下を防止するために、通常、吸収体層に形成されたパターンに従って、パターン状に除去される。しかし、バッファ層に露光光であるE U V 光の透過率の大きい材料を用い、膜厚を十分薄くすることが出来れば、パターン状に除去せずに、多層反射膜を覆うように残しておいてもよい。

バッファ層は、例えば、D C スパッタ、R F スパッタ、イオンビームスパッタ等のスパッタ法で形成することができる。

バッファ層の有する膜応力はゼロであることが好ましいが、このバッファ層の膜応力がゼロ又はそれに近い値ではなく、かつ反射型マスクとして用いられる際に、バッファ層にパターンが形成されない場合には、バッファ層の有する膜応力も考慮して、バッファ層、多層反射膜、応力補正膜の応力がつりあうように設計すればよい。

バッファ層以外のパターンが形成されない層を更に有する場合にも同様な考え方で設計を行えばよい。

次に、吸収体層の形成について説明する。

本発明における吸収体層の材料としては、露光光の吸収率が高く、吸収体層の下側に位置する層（通常バッファ層或いは多層反射膜）とのエッチング選択比が十分大きいものが選択される。例えば、T a を主要な金属成分とする材料が好ましい。この場合、バッファ層にC r を主成分とする材料を用いれば、エッチング選択比を大きく（10以上）取ることができる。ここで、T a を主要

な金属元素とする材料とは、成分中の金属元素のうち、もっとも組成比の大きい金属がTaであるという意味である。この吸収体層に用いられるTaを主要な金属元素とする材料は、通常金属または合金である。また、平滑性及び平坦性の点から、アモルファス状または微結晶の構造を有しているものが好ましい。Taを主要な金属元素とする材料としては、TaとBを含む材料、TaとNを含む材料、TaとBとOを含む材料、TaとBとNを含む材料、TaとSiを含む材料、TaとSiとNを含む材料、TaとGeを含む材料、TaとGeとNを含む材料等を用いることができる。TaにBやSi, Ge等を加えることにより、アモルファス状の材料が容易に得られ、平滑性を向上させることができる。また、TaにNやOを加えれば、酸化に対する耐性が向上するため、経時的な安定性を向上させることができる。

他の吸収体層の材料としては、Crを主成分とする材料（クロム、窒化クロム等）、タングステンを主成分とする材料（窒化タングステン等）、チタンを主成分とする材料（チタン、窒化チタン）等を用いることができる。

これらの吸収体層は、通常のスパッタ法で形成する事が出来る。なお、パターン形成後のパターンの形状精度、位置精度を高く保つために、吸収体層は応力が小さくなるように形成するのが好ましい。

以上のようにして、本実施の形態の反射型マスクブランクが得られる。

なお、本実施の形態の反射型マスクブランクは必要に応じて更に別の層を有していてもよい。

次に、反射型マスクの製造方法について説明する。

反射型マスクは、上述した反射型マスクブランクの吸収体層にパターンを形成することで製造できる。

吸収体層へのパターン形成は次のようにして行う。上記反射型マスクブランク上に電子線描画用レジスト層を形成し、電子線描画及び現像によりレジストパターンを形成する。次いで、このレジストパターンをマスクとして、吸収体層をドライエッチングなどの方法でエッチングする。吸収体層がTaを主要な金属成分とする材料の場合、バッファ層を多層反射膜の保護層として、塩素を

用いたドライエッチングでパターンを形成することができる。吸収体層のパターン形成後、吸収体層のパターン上に残ったレジスト層を除去する。更に、必要に応じて、バッファ層を吸収体層のパターンに従って、パターン状に除去する。例えば、バッファ層にCrを主成分とする膜を使用している場合には、塩素と酸素の混合ガスを用いたドライエッチングでバッファ層を除去することができる。

以上のようにして、反射型マスクが得られる。

以上のように、本発明の反射型マスクブランク及び反射型マスクの製造方法においては、加熱処理による多層反射膜の膜応力と応力補正膜の膜応力の相殺を利用して多層反射膜の膜応力の影響を低減するようにしている。このため、応力補正膜の表面荒れを抑え、平坦性に優れた高精度なパターン転写が可能な反射型マスクブランク及び反射型マスクが得られる。又、比較的低温での加熱処理で良いため、多層反射膜の反射率の低下を招かずに、平坦性に優れた反射型マスクブランク及び反射型マスクが得られる。

#### (実施例)

次に、本発明の実施例により本発明を更に具体的に説明する。

#### 実施例 1

図1及び図2を参照しながら、本実施例のEUV反射型マスクブランク100及びEUV反射型マスク101の製造方法を説明する。図1は上記反射型マスクブランクの断面図であり、図2は上記反射型マスクの断面図である。

基板11は、 $\text{SiO}_2$ - $\text{TiO}_2$ 系のガラス基板（外形6インチ角、厚さが6.3mm）である。この基板11の熱膨張率は $0.2 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 、ヤング率は67GPaである。そして、ガラス基板は機械研磨により、0.2nmRms以下の平滑な表面と100nm以下の平坦度に形成した。

まず、基板11上に、応力補正膜12として、TaとBを含む膜を70nmの厚さで形成した。成膜は、Ta及びBを含むターゲットを用いて、Arガスを用いて、DCマグネトロンスパッタ法で行った。この際、スパッタ条件を制御することで応力補正膜12の有する応力は、単位膜厚当たりの+600MP

aとした。Ta : Bの組成比は、4 : 1であり、応力補正膜12表面の表面粗さは、0.14 nmRmsであった。

この応力補正膜12の応力及び膜厚は、後工程にて行われる加熱処理における多層反射膜及び応力補正膜の膜応力の変化を考慮して決定した。後に形成する多層反射膜の膜厚(290 nm)換算にすると、応力補正膜12の膜応力は+145 MPaである。

次に、応力補正膜12上に、多層反射膜13を形成した。

多層反射膜13は、13~14 nmの露光光波長帯域に適した多層反射膜を形成するために、本実施例では、Mo/Si周期多層反射膜を採用した。多層反射膜13は、MoとSiをDCマグネトロンスパッタ法により基板上に交互に積層して形成した。まず、Siターゲットを用いて、Arガス圧0.1 PaでSi膜を4.2 nm成膜し、その後Moターゲットを用いて、Arガス圧0.1 PaでMo膜を2.8 nm成膜した。これを一周期として、40周期積層した後、最後にSi膜を10 nm成膜した。合計膜厚は290 nmである。形成された多層反射膜の応力は、-450 MPaであった。

この多層反射膜に対し、露光波長帯域での入射角5度でのピーク反射率は65%であった。又、多層反射膜上の表面粗さは0.15 nmRmsであった。多層反射膜表面の平坦度は800 nmであった。

以上のようにして、多層反射膜付き基板を得た。

次に、得られた多層反射膜付き基板に加熱処理を行った。加熱処理は、150℃の基板加熱温度で、1時間行った。これにより、多層反射膜13の有する応力は、引っ張り方向に変化し-300 MPaとなり、応力補正膜12のTaB膜は、単位膜厚当たりの応力が+1000 MPaに変化した。即ち、応力補正膜の膜応力(多層反射膜の膜厚換算の値)は+241 MPaである。この加熱処理により、多層反射膜付き基板全体の応力は、-59 MPa(多層膜の膜厚換算の値)と充分小さくなった。この多層反射膜付き基板の平坦度は80 nmと平坦度が約1/10に向上した。又、加熱処理後の多層反射膜付き基板につき、波長13.4 nm、入射角5°のEUV光により反射率を測定したとこ



る65%であり、加熱処理前と比較して反射率の低下は見られなかった。

次に、加熱処理後の多層反射膜付き基板の多層反射膜13上にバッファ層14として、窒化クロム(CrN)膜を30nmの厚さに形成した。成膜は、Crターゲットを用いて、スパッタガスとして、窒素とArを用いてDCマグネトロンスパッタ法によって行った。成膜されたCrN膜において、Cr:Nの組成比は9:1で結晶状態は多結晶であった。又、膜応力は50nm膜厚換算で+40MPaであった。

次に、CrN膜より構成されるバッファ層14の上に、吸収体層15として、タンタルとホウ素と窒素からなる合金(TaBN膜)を50nmの厚さで形成した。成膜は、Ta及びBを含むターゲットを用いて、Arに窒素を10%添加して、DCマグネトロンスパッタ法によって行った。この際、スパッタ条件を制御することで吸収体層15の有する応力は、バッファ層である窒化クロム膜とほぼ同等の大きさで逆向きの応力である-50MPaとした。成膜されたTaBN膜において、Taは0.8、Bは0.1、Nは、0.1であり、結晶状態はアモルファスであった。

以上のようにして、本実施例の反射型マスクブランク100を得た。

なお、上記の応力補正膜及び多層反射膜の膜厚、表面粗さ、加熱処理前後の応力、平坦度等の数値をまとめて下記表1に示した。

表1

実施例1 (加熱条件150℃、60min)

	材料	膜厚 nm	表面 粗さ nmRms	加熱前			加熱後		
				応力 Mpa*)	応力× 膜厚 Pa·cm	平坦度 nm	応力 Mpa*)	応力× 膜厚 Pa·cm	平坦度 nm
応力 補正膜	TaB (Ta:B=4:1)	70	0.14	+145 (+600)	+4200	400	+241 (+1000)	+7000	
多層 反射膜	Mo/Si 40周期	290	0.15	-450	-13050	1200	-300	-8700	
応力 補正膜 +多層 反射膜				-305	-8850	800	-59	-1700	80

\*) ( ) 外は多層反射膜の膜厚換算の膜応力、( ) 内は単位膜厚当たりの膜応力

次に、このEUV反射型マスクブランク100を用いて、デザインルールが $0.07\mu\text{m}$ の16Gb-DRAM用のパターンを有するEUV反射型マスクを、次に記載する方法により作製した。

まず、前記EUV反射型マスクブランク100上に電子線描画用レジストを塗布・ベークし、電子線により描画して現像を行い、レジストパターンを形成した。

このレジストパターンをマスクとして、EUV吸収体層15を塩素を用いてドライエッチングし、EUV反射型マスクブランク上に吸収体層パターン15aを形成した。

更に、吸収体層パターン15a上に残ったレジストパターンを $100^{\circ}\text{C}$ の熱硫酸で除去した。次に、バッファ層14を塩素と酸素の混合ガスを用いて、吸収体層のパターン15aに従ってドライエッチングし、パターン状のバッファ層14aとした。

以上の様にして、本実施例の反射型マスク101が得られた。

次に、図3を参照して、反射型マスク101を用いてレジスト付き半導体基板33にEUV光によってパターンを転写する方法を説明する。図3に示す反射型マスクを搭載したパターン転写装置50は、レーザープラズマX線源31、反射型マスク101、縮小光学系32等から概略構成される。縮小光学系32は、X線反射ミラーを用いた。縮小光学系32により、反射型マスク101で反射されたパターンは通常 $1/4$ 程度に縮小される。尚、露光波長として $13\sim 14\text{nm}$ の波長帯を使用するので、光路が真空中になるように予め設定した。

このような状態で、レーザープラズマX線源31から得られたEUV光を反射型マスク101に入射し、ここで反射された光を縮小光学系32を通してレジスト付き半導体基板(Siウエハ)33上に転写した。

反射型マスク101に入射した光は、吸収体層のパターン15aのある部分では、吸収体層に吸収されて反射されず、一方、吸収体層のパターン15aのない部分に入射した光は多層反射膜13により反射される。このようにして、反射型マスク101から反射される光により形成される像が縮小光学系32に

入射する。縮小光学系 3 2 を経由した露光光は、半導体基板 3 3 上のレジスト層に転写パターンを露光する。そして、露光済レジストを現像することによってレジストパターンを形成した。以上のようにして半導体基板上へのパターン転写を行った結果、反射型マスク 1 0 1 の精度は 7 0 n m デザインルール of の要求精度である 1 6 n m 以下であることが確認できた。

## 実施例 2

本実施例では、前記の応力補正膜 1 2 の成膜時の条件を変えて、最初に応力補正膜に与える膜応力を + 5 0 M P a とし、加熱処理条件を 2 0 0 ° C 6 0 分とした以外は、実施例 1 と同様の方法で、反射型マスクブランクを形成した。

本実施例における応力補正膜及び多層反射膜の膜厚、表面粗さ、加熱処理前後の応力、平坦度等の数値をまとめて下記表 2 に示した。

表 2

実施例 2 (加熱条件 2 0 0 ° C、6 0 m i n)

	材料	膜厚 nm	表面 粗さ nmRms	加熱前			加熱後		
				応力 Mpa*)	応力× 膜厚 Pa・cm	平坦度 nm	応力 Mpa*)	応力× 膜厚 Pa・cm	平坦 度 nm
応力 補正膜	TaB (Ta:B=4:1)	70	0.12	+50 (+207)	+1450	75	+266 (+1100)	+7700	
多層 反射膜	Mo/Si 40周期	290	0.13	-450	-13050	1200	-200	-5800	
応力 補正膜 +多層 反射膜				-400	-11600	1125	+66	+1900	85

\*) ( ) 外は多層反射膜の膜厚換算の膜応力、( ) 内は単位膜厚当たりの膜応力

本実施例では、加熱処理により、多層反射膜付き基板全体の応力は、+ 6 6 M P a (多層膜の膜厚換算の値) と充分小さくなった。この多層反射膜付き基板の平坦度は 8 5 n m に向上した。又、加熱処理後の多層反射膜付き基板につき、波長 1 3 . 4 n m、入射角 5 ° の E U V 光により反射率を測定したところ、加熱処理前と比較して反射率の低下は見られなかった。

次に、この反射型マスクブランクを用いて、実施例 1 と同様に、デザインルールが 0 . 0 7 μ m の 1 6 G b i t - D R A M 用のパターンを有する E U V 反

射型マスクを作製した。さらに、実施例 1 と同様に、作製した反射型マスクを用いて、図 3 のパターン転写装置により、半導体基板上へのパターン転写を行った結果、本実施例の反射型マスクの精度は 70 nm デザインルールの要求精度である 16 nm 以下であることが確認できた。

### 実施例 3

本実施例では、応力補正膜を基板と多層反射膜の間に設けるのではなく、多層反射膜上（多層反射膜とバッファ層の間）に設け、基板上に順次多層反射膜、応力補正膜を設けた。更に、加熱処理は、200℃60分とし、多層反射膜上に応力補正膜が設けられた後に行った。応力補正膜としては、Ru 膜を用い、10 nm の厚さに形成した。これら以外は、実施例 1 と同様の方法で、反射型マスクブランクを形成した。本実施例における応力補正膜及び多層反射膜の膜厚、表面粗さ、加熱処理前後の応力、平坦度等の数値をまとめて下記表 3 に示した。

表 3

実施例 3（加熱条件 200℃、60 min）

応力補正膜が多層反射膜の上にある場合

	材料	膜厚 nm	表面 粗さ nmRms	加熱前			加熱後		
				応力 Mpa*)	応力× 膜厚 Pa・cm	平坦度 nm	応力 Mpa*)	応力× 膜厚 Pa・cm	平坦度 nm
応力 補正膜	Ru	10	0.15	+20 (+580)	+580	50	+138 (+4000)	+4000	
多層 反射膜	Mo/Si 40周期	290	0.15	-450	-13050	1200	-200	-5800	
応力 補正膜 +多層 反射膜				-430	-12470	1150	-62	-1800	80

\*) ( ) 外は多層反射膜の膜厚換算の膜応力、( ) 内は単位膜厚当たりの膜応力

本実施例では、加熱処理により、多層反射膜付き基板全体の応力は、-62 MPa（多層膜の膜厚換算の値）と充分小さくなった。この多層反射膜付き基板の平坦度は 80 nm に向上した。又、加熱処理後の多層反射膜付き基板につ

き、波長 13.4 nm、入射角 5° の EUV 光により反射率を測定したところ、加熱処理前と比較して反射率の低下は見られなかった。

次に、この反射型マスクブランクを用いて、実施例 1 と同様に、デザインルールが 0.07  $\mu\text{m}$  の 16 Gbit-DRAM 用のパターンを有する EUV 反射型マスクを作製した。さらに、実施例 1 と同様に、作製した反射型マスクを用いて、図 3 のパターン転写装置により、半導体基板上へのパターン転写を行った結果、本実施例の反射型マスクの精度は 70 nm デザインルールの要求精度である 16 nm 以下であることが確認できた。

#### 実施例 4

本実施例は、実施例 1 における応力補正膜 12 として、CrN 膜を用い、70 nm の厚さに形成し、加熱処理を 200°C 60 分とした以外は実施例 1 と同様の方法で、反射型マスクブランクスを作製した。

本実施例における応力補正膜及び多層反射膜の膜厚、表面粗さ、加熱処理前後の応力、平坦等の数値をまとめて下記表 4 に示した。

表 4

実施例 4 (加熱条件 200°C、60 min)

	材料	膜厚 nm	表面 粗さ nmRms	加熱前			加熱後		
				応力 Mpa*)	応力 ×膜厚 Pa・cm	平坦度 nm	応力 Mpa*)	応力× 膜厚 Pa・cm	平坦度 nm
応力 補正膜	CrN	70	0.12	+50 (+207)	+1450	75	+160 (+660)	+4640	
多層 反射膜	Mo/Si 40周期	290	0.15	-450	-13050	1200	-200	-5800	
応力 補正膜 +多層 反射膜				-400	-11600	1125	-40	-1260	40

\*) ( ) 外は多層反射膜の膜厚換算の膜応力、( ) 内は単位膜厚当たりの膜応力

本実施例では、加熱処理により、多層反射膜付き基板全体の応力は、-40 MPa (多層膜の膜厚換算の値) と充分小さくなった。この多層反射膜付き基板の平坦度は 40 nm に向上した。又、加熱処理後の多層反射膜付き基板につ

き、波長 13.4 nm、入射角 5° の EUV 光により反射率を測定したところ、加熱処理前と比較して反射率の低下は見られなかった。

次に、この反射型マスクブランクを用いて、実施例 1 と同様に、デザインルールが 0.07  $\mu\text{m}$  の 16 G b i t - D R A M 用のパターンを有する EUV 反射型マスクを作製した。さらに、実施例 1 と同様に、作製した反射型マスクを用いて、図 3 のパターン転写装置により、半導体基板上へのパターン転写を行った。この結果、本実施例の反射型マスクの精度は 70 nm デザインルールの要求精度である 16 nm 以下であることが確認できた。

#### 実施例 5

本実施例は、実施例 1 における応力補正膜 12 として、Si 膜を用い、50 nm の膜厚に形成し、加熱処理を 200°C 60 分とした以外は実施例 1 と同様の方法で反射型マスクブランクスを作製した。

本実施例における応力補正膜及び多層反射膜の膜厚、表面粗さ、加熱処理前後の応力、平坦等の数値をまとめて下記表 5 に示した。

表 5

実施例 5 (加熱条件 200°C、60 min)

	材料	膜厚 nm	表面 粗さ nmRms	加熱前			加熱後		
				応力 Mpa*)	応力× 膜厚 Pa・cm	平坦度 nm	応力 Mpa*)	応力× 膜厚 Pa・cm	平坦度 nm
応力 補正膜	Si	50	0.15	+40 (+232)	+1160	65	+150 (+870)	+4800	
多層 反射膜	Mo/Si 40周期	290	0.15	-450	-13050	1200	-200	-5800	
応力 補正膜 +多層 反射膜				-410	-11890	1135	-50	-1000	45

\*) ( ) 外は多層反射膜の膜厚換算の膜応力、( ) 内は単位膜厚当たりの膜応力

本実施例では、加熱処理により、多層反射膜付き基板全体の応力は、-50 MPa (多層膜の膜厚換算の値) と充分小さくなった。この多層反射膜付き基板の平坦度は 45 nm に向上した。又、加熱処理後の多層反射膜付き基板につ

き、波長13.4nm、入射角5°のEUV光により反射率を測定したところ、加熱処理前と比較して反射率の低下は見られなかった。

次に、この反射型マスクブランクを用いて、実施例1と同様に、デザインルールが0.07μmの16Gbit-DRAM用のパターンを有するEUV反射型マスクを作製した。さらに、実施例1と同様に、作製した反射型マスクを用いて、図3のパターン転写装置により、半導体基板上へのパターン転写を行った。この結果、本実施例の反射型マスクの精度は70nmデザインルールの要求精度である16nm以下であることが確認できた。

#### 実施例6

本実施例は、応力補正膜として、基板と多層反射膜との間にTaB膜を、70nmの膜厚に形成し、多層反射膜上にRu膜を、5nmの膜厚に形成し、加熱処理を130℃60分とした以外は実施例1と同様の方法で反射型マスクブランクスを作製した。

本実施例における応力補正膜及び多層反射膜の膜厚、表面粗さ、加熱処理前後の応力、平坦等の数値をまとめて下記表6に示した。

表6

実施例6（加熱条件130℃、60min）

	材料	膜厚 nm	表面 粗さ nmRms	加熱前			加熱後		
				応力 Mpa*)	応力× 膜厚 Pa・cm	平坦度 nm	応力 Mpa*)	応力× 膜厚 Pa・cm	平坦度 nm
応力 補正膜1 (基板と 多層反射膜 との間)	TaB	70	0.12	+50 (+207)	+1450	75	+120 (+497)	+3480	
応力 補正膜2 (多層反射 膜上)	Ru	5	0.15	+10 (+580)	+290	25	+30 (+1740)	+870	
多層反射膜	Mo/Si 40周期	290	0.15	-450	-13050	1200	-200	-5800	
応力補正膜 + 多層反射膜				-390	-11310	1100	-50	-1450	45

\*) ( ) 外は多層反射膜の膜厚換算の膜応力、( ) 内は単位膜厚当たりの膜応力

本実施例では、加熱処理により、多層反射膜付き基板全体の応力は、 $-50\text{ MPa}$ （多層膜の膜厚換算の値）と充分小さくなった。この多層反射膜付き基板の平坦度は $45\text{ nm}$ に向上した。又、加熱処理後の多層反射膜付き基板につき、波長 $13.4\text{ nm}$ 、入射角 $5^\circ$ のEUV光により反射率を測定したところ、加熱処理前と比較して反射率の低下は見られなかった。

次に、この反射型マスクブランクを用いて、実施例1と同様に、デザインルールが $0.07\text{ }\mu\text{m}$ の $16\text{ Gbit-DRAM}$ 用のパターンを有するEUV反射型マスクを作製した。さらに、実施例1と同様に、作製した反射型マスクを用いて、図3のパターン転写装置により、半導体基板上へのパターン転写を行った。この結果、本実施例の反射型マスクの精度は $70\text{ nm}$ デザインルールの要求精度である $16\text{ nm}$ 以下であることが確認できた。

以上詳細に説明したように、本発明の反射型マスクブランクの製造方法によれば、基板と多層反射膜の間、或いは、多層反射膜上に、多層反射膜の膜応力と逆向きで、多層反射膜の膜応力の絶対値より小さい膜応力を有する応力補正膜を形成し、多層反射膜と応力補正膜を加熱処理する。これにより、加熱処理後において、応力補正膜の有する膜応力と多層反射膜の有する膜応力とが、向きが反対で大きさが同等となって釣り合い、応力は相殺されるので、平坦性に優れた高精度なパターン転写が可能な反射型マスクブランクが得られる。またこのように、加熱処理による多層反射膜の膜応力と応力補正膜の膜応力の相殺を利用して多層反射膜の膜応力の影響を低減するようにした。このため、成膜時において応力補正膜に多層反射膜の有する膜応力を相殺するための大きな応力を与える必要がなく、応力補正膜の表面荒れを抑え、平坦性に優れた反射型マスクブランクが得られる。

上記加熱処理は、基板上に応力補正膜及び多層反射膜が形成された後に行うのであれば、応力補正膜及び多層反射膜を同時に加熱処理することができ、加熱は一工程で行える。

また、基板と多層反射膜の間に応力補正膜を形成する場合、まず基板上に応力補正膜を形成し、応力補正膜の加熱処理を行ってから、多層反射膜を形成し、



多層反射膜の加熱処理を行なうことも可能である。このようにすると、多層反射膜形成前に応力補正膜の加熱処理を行うことで、多層反射膜の特性に影響を及ぼすような比較的高温での加熱処理が可能である。このため、応力補正膜の応力の変化量を大きくとることが出来る。

また、本発明の反射型マスクブランクの製造方法によれば、多層反射膜の有する膜応力を加熱処理だけで緩和させる必要がない。このため、高温での加熱処理は必要がなく、前記加熱処理は200℃以下の温度で行うことができ、多層反射膜の反射率低下を防止できる。

また、本発明の反射型マスクブランクの製造方法においては、加熱処理後において、応力補正膜の有する膜応力と多層反射膜が有する膜応力が向きが反対で大きさが釣り合えばよい。従って、加熱処理前の応力補正膜の膜応力は、0～+300MPaの範囲内とすることができ、応力補正膜の表面粗さを小さく出来る。

また、本発明の反射型マスクブランクの製造方法においては、前記応力補正膜を加熱処理によりその応力が引っ張り方向へ増大する材料で構成する。これにより、応力補正膜に与える初期応力の大きさを小さくすることが出来、応力補正膜の表面粗さを小さく出来る。

また、本発明の反射型マスクブランクの製造方法においては、前記応力補正膜を金属又は合金からなるアモルファス材料で構成する。これにより、平滑性の良好な膜が得られ、かつ応力補正膜に与える初期応力の値を容易に調整することができる。

また、上述の反射型マスクブランクの製造方法により製造された反射型マスクブランクの吸収体層にパターンを形成する。これにより、多層反射膜の応力の影響を低減し、平坦性に優れた反射型マスクが得られる。

特許請求の範囲：

1. 基板上に、露光光を反射する多層反射膜を形成し、該多層反射膜上に露光光を吸収する吸収体層を形成する反射型マスクブランクの製造方法であって、

前記基板と多層反射膜の間、或いは、多層反射膜上、或いは、基板と多層反射膜の間及び多層反射膜上の両方に、多層反射膜の膜応力と逆向きで、多層反射膜の膜応力の絶対値より小さい膜応力を有する応力補正膜を形成する工程と、  
前記応力補正膜を加熱処理する工程と、

前記多層反射膜を加熱処理する工程とを有することを特徴とする反射型マスクブランクの製造方法。

2. 前記応力補正膜を加熱処理する工程と、前記多層反射膜を加熱処理する工程とを同時に行うことを特徴とする請求項1に記載の反射型マスクブランクの製造方法。

3. 基板上に前記応力補正膜を形成し、該応力補正膜を加熱処理した後、該応力補正膜上に前記多層反射膜を形成し、該多層反射膜を加熱処理することを特徴とする請求項1に記載の反射型マスクブランクの製造方法。

4. 前記加熱処理を応力補正膜の成膜時の温度よりも高く200℃以下の基板加熱温度で行うことを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の反射型マスクブランクの製造方法。

5. 前記加熱処理前の応力補正膜の膜応力が、0～+300MPaの範囲内であることを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の反射型マスクブランクの製造方法。

6. 前記応力補正膜は、加熱処理によりその応力が引っ張り方向へ増大するものであることを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の反射型マスクブランクの製造方法。

7. 前記応力補正膜が金属又は合金からなるアモルファス材料で構成されることを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の反射型マスクブランクの

製造方法。

8. 請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の反射型マスクブランクの製造方法により製造された反射型マスクブランクの吸収体層にパターンを形成することを特徴とする反射型マスクの製造方法。

9. 請求項 8 記載の反射型マスクの製造方法により製造された反射型マスクを使用して、リソグラフィー技術により半導体基板上に微細パターンを形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

開示の要約：

基板上に露光光を反射する多層反射膜を形成し、多層反射膜上に露光光を吸収する吸収体層を形成する反射型マスクブランクの製造方法であって、基板と多層反射膜の間に、多層反射膜の膜応力と逆向きで、多層反射膜の膜応力の絶対値より小さい膜応力を有する応力補正膜を形成する工程と、応力補正膜を加熱処理する工程と、多層反射膜を加熱処理する工程とを有する。